

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

DANIEL REIS SOARES SILVA

**EFEITO DOS EXTRATOS E SUBSTÂNCIAS ISOLADAS DE
Sphagneticola trilobata (L.) Prusk (Asteraceae) SOBRE A
GERMINAÇÃO DA CORDA-DE-VIOLA (*Ipomoea triloba* L.,
Convolvulaceae)**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**SANTA HELENA
2018**

DANIEL REIS SOARES SILVA

**EFEITO DOS EXTRATOS E SUBSTÂNCIAS ISOLADAS DE
Sphagneticola trilobata (L.) Prusk (Asteraceae) SOBRE A
GERMINAÇÃO DA CORDA-DE-VIOLA (*Ipomoea triloba* L.,
Convolvulaceae)**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em Ciências Biológicas, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Biólogo.

Orientador: Prof. Dr^a. Rejane Barbosa de Oliveira

**SANTA HELENA
2018**

DANIEL REIS SOARES SILVA

**EFEITO DOS EXTRATOS E SUBSTÂNCIAS ISOLADAS DE
Sphagneticola trilobata (L.) Prusk (Asteraceae) SOBRE A
GERMINAÇÃO DA CORDA-DE-VIOLA (*Ipomoea triloba* L.,
Convolvulaceae)**

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 27 de novembro de 2018, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O Daniel Reis Soares Silva foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr^a. Dejene Santos Alves
UTFPR

Prof. Dr^a. Jociani Ascari
UTFPR

Prof. Dr^a. Rejane Barbosa de Oliveira
Orientador - UTFPR

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

Dedico aos meus pais que sempre estiveram presentes em minha carreira acadêmica me dando todo apoio e incentivo, lutando pelo meu sucesso.

AGRADECIMENTO(S)

Aos meus pais Maria Isabel e José Roberto, pelo carinho, estímulo e incentivo à maior das heranças que é o estudo.

Aos meus irmãos pelo apoio e companheirismo ao longo da minha trajetória.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) pelo apoio e pela oportunidade da realização deste trabalho.

A minha orientadora, Prof. Dr^a. Rejane Barbosa de Oliveira pelos ensinamentos, dedicação e amizade desde 2016. Agradeço o privilégio por esses anos de convivência.

À Instituição Araucária pelo apoio financeiro.

À colega Andressa Danielli Pletsch, pelo convívio, amizade e ajuda nas análises.

Aos colegas de Graduação, em especial a Taiane Nogueira Almeida, Jennifer Gomes da Silva, Guilherme Aparecido de Carvalho, Ruan dos Santos Lisboa, Victoria de Freitas Silva, Isabella Kathleen Santos Silva, Gustavo Francisco Leichter, Daiana Junghblut, Luan Viana Santin, Jeniffer Sabrina Machado, Sandro Tonello, Rafael Freire Miguel pelas experiências compartilhadas desde o início.

Aos Técnicos de laboratório e funcionários da UTFPR, Karina Heberle, Fabricio Zimmermann.

A todas as pessoas que de forma direta ou indireta ajudaram na concretização deste trabalho.

RESUMO

SILVA, Daniel R. S.; **EFEITO DOS EXTRATOS E SUBSTÂNCIAS ISOLADAS DE *Sphagneticola trilobata* (L.) Prusk (Asteraceae) SOBRE A GERMINAÇÃO DA CORDA-DE-VIOLA (*Ipomoea triloba* L., Convolvulaceae)**. 2018. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Licenciatura em Ciências Biológicas), Coordenação do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Santa Helena, 2018.

O setor agrícola tem investido fortemente em tecnologias, permitindo melhor rendimento na produtividade. Mesmo assim, as plantas daninhas ainda causam perdas econômicas, comprometendo a produção. Para o controle dessas plantas, o método mais utilizado é a aplicação de herbicidas, cujo uso em larga escala tem contribuído para a seleção de populações de plantas resistentes e problemas ambientais. Devido a isso, alternativas mais eficazes no controle das plantas daninhas, e que sejam menos nocivas ao meio ambiente, vêm sendo investigadas no mundo todo. Entre essas alternativas, encontra-se a utilização de espécies que liberam aleloquímicos, como é caso de algumas espécies da família Asteraceae. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do extrato de lavagem das partes aéreas, bem como das frações e substância isolada da vedélia *S. trilobata* sobre a germinação da corda-de-viola (*I. triloba*). Os experimentos (teste de germinação e desenvolvimento da radícula e hipocótilo) foram realizados com o extrato e frações hexânica, acetato de etila e aquosa do caule e folhas da vedélia nas concentrações de 0,25, 0,5 e 1,0 mg/ml, e a substância majoritária da fração acetato de etila nas concentrações 0,125, 0,25, 0,5 e 1,0 mg/ml. Água destilada foi utilizada como controle negativo e o glifosato foi utilizado nas mesmas concentrações como controle positivo. Foram utilizadas três repetições, com 20 sementes da corda-de-viola, para cada tratamento no teste germinação *in vitro*, o qual foi realizado em BOD com temperatura a 35°C, 70% de umidade e ciclo claro-escuro de 12h. As avaliações foram realizadas diariamente, por sete dias, para obtenção de dados referentes ao número de sementes germinadas, comprimento da radícula e hipocótilo. Os dados obtidos foram submetidos à ANOVA *one-way*, seguida de pós-teste de Dunnet. Os resultados não indicaram alterações significativas no número de sementes germinadas da corda-de-viola em nenhum dos tratamentos. Embora não tenha sido observada redução na germinação das sementes, a fração aquosa reduziu significativamente o crescimento da radícula nas concentrações de 1,0 e 0,5 mg/ml. Enquanto a fração acetato-de-etila alterou significativamente o comprimento do hipocótilo na concentração de 1,0 mg/ml, e o comprimento da radícula em todas as concentrações avaliadas. Através de métodos cromatográficos foi possível o isolamento do composto ST01, identificado como sendo a lactona sesquiterpênica trilobolido-6-O-isobutirato, substância majoritária da fração acetato de etila. O efeito da ST01 sobre o crescimento inicial da radícula teve resultados significativos perante a testemunha nas concentrações 0,125 mg/ml, 0,25 mg/ml, 0,5 mg/ml, 1 mg/ml, de maneira similar ao que ocorreu com as sementes tratadas com o glifosato. Os resultados obtidos sugerem que a substância isolada afeta o desenvolvimento inicial da corda-de-viola e possui um alto potencial para agir como um herbicida em *I. triloba* através do seu efeito durante a germinação e o crescimento.

Palavras chave: Plantas daninhas. Corda-de-viola. Vedélia.

ABSTRACT

SILVA, Daniel R. S.; **EFFECT OF EXTRACTS AND ISOLATED SUBSTANCES FROM *Sphagneticola trilobata* (L.) Prusk (Asteraceae) ON THE GERMINATION OF THE MORNING GLORY (*Ipomoea triloba* L., Convolvulaceae)**. 2018. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Licenciatura em Ciências Biológicas), Coordenação do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Santa Helena, 2018.

The agricultural sector has invested in new technologies to better yields in crops productivity. However, weeds still cause economic losses. Herbicides application is the most used method for the control of weed plants. But its large-scale use has generated plant resistance and environmental problems. Thus, alternatives more effective to the weed control, which minor harmful to the environment, have been investigated worldwide. The use of species that release allelochemicals, like some species of the family Asteraceae, are an alternative to synthetic herbicides. The aims of this work were to evaluate the effect of the aerial parts extract, as well as of their fractions and substances isolated, from wedelia [*Sphagneticola trilobata* (L.) Prusk] on the germination of the morning glory (*Ipomoea triloba* L.), a weed that infests different types of crops. The experiments were carried out with the extract and their hexane, ethyl acetate and aqueous fractions at concentrations of 0.25, 0.5 and 1.0 mg/ml. The major substance of the ethyl acetate fraction too was tested in the concentrations 0.125, 0.25, 0.5 and 1.0 mg/ml. Distilled water was used as a negative control and glyphosate as positive control. Three replicates with 20 morning glory seeds were used for each treatment in the in vitro germination test performed in BOD with temperature at 35 ° C, 70% humidity and 12h light-dark cycle. The evaluations were carried out daily, for seven days, to obtain the percentage of germination (% G), radicle and hypocotyl length. Data were submitted to one-way ANOVA statistical test, followed by Dunnet's post-test. The results did not indicate statistical differences in the number of germinated seeds of morning glory seeds in any of the treatments. The aqueous fraction reduced significantly the radicle growth at concentrations of 1.0 and 0.5 mg/ml, whereas the ethyl acetate fraction reduced the length of the hypocotyl at the concentration of 1.0 mg/ml, and the length of the radicle in all concentrations. The ST01 compounds was isolated from ethyl acetate fraction and was identified as the sesquiterpene lactone trilobolide-6-O-isobutyrate. ST01 reduced the initial growth of the radicle at 0.125mg/ml, 0.25mg/ml, 0.5mg/ml, 1mg/ml, similarly to treatment with the glyphosate. The obtained results suggest that the isolated substance affects the initial development of the morning glory weed.

Keywords: Weeds. Morning glory weed. Wedelia.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1: Aspecto geral da área de coleta da corda-de-viola. | 21 |
| Figura 2: Aspectos morfológicos da plântula de corda-de-viola aos 7 dias após o início dos testes: Hipocótilo e Radícula. | 23 |
| Figura 3: Efeito do extrato e frações obtidas a partir das partes aéreas da vedélia sobre o número de sementes germinadas da corda-de-viola. | 24 |
| Figura 4: Efeitos do extrato da vedélia sobre o crescimento inicial da radícula e do hipocótilo da corda-de-viola. | 25 |
| Figura 5: Efeitos da fração hexânica sobre o crescimento inicial da radícula e do hipocótilo da corda-de-viola. | 26 |
| Figura 6: Efeitos da fração acetato de etila sobre o crescimento da radícula e do hipocótilo da corda-de-viola. | 27 |
| Figura 7: Efeitos da fração aquosa sobre o crescimento inicial da radícula e do hipocótilo da corda-de-viola. | 28 |
| Figura 8: Cromatografia em coluna | 28 |
| Figura 9: Efeitos do composto ST01 e do glifosato sobre o crescimento da radícula e do hipocótilo da corda-de-viola. | 30 |

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

| | |
|--|--|
| (CH₃)₂CO | Acetona |
| 2,4-D | Ácido 2,4-diclorofenoxiacético |
| AcOEt | Acetato de Etila |
| AIA | Ácido Indolacético |
| ANOVA | Análise de variância |
| ANVISA | Agência Nacional de Vigilância Sanitária |
| APX | Ascorbato peroxidase |
| BOD | Biochemical Oxygen Demand |
| C₃H₈NO₅P | Glifosato |
| C₄H₈O₂ | Acetato de etila |
| C₆H₁₂ | Hexano |
| CAT | Catalase |
| CCD | Cromatografia em Camada Delgada |
| CH₃OH | Metanol |
| EPSPs | 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase |
| LSTs | Lactonas sesquiterpênicas |
| mg/ml | Miligrama por mililitro |
| PARA | Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos |
| POD | Guaiacol peroxidase |
| ROS | Espécies reativas do Oxigênio |
| SOD | Superóxido dismutase |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 | OBJETIVOS | 15 |
| 2.1 | Objetivo geral..... | 15 |
| 2.2 | Objetivos específicos..... | 15 |
| 3 | REFERENCIAL TEÓRICO | 16 |
| 3.1 | Plantas daninhas | 16 |
| 3.2 | Corda-de-viola (<i>Ipomea triloba</i> L.) | 17 |
| 3.3 | Defensivos agrícolas | 18 |
| 3.4 | <i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Prusk..... | 20 |
| 4 | MATERIAIS E MÉTODOS | 21 |
| 4.1 | Obtenção do material vegetal..... | 21 |
| 4.2 | Preparo dos extratos e caracterização fitoquímica | 21 |
| 4.3 | Ensaio de germinação de sementes..... | 22 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 23 |
| 6 | CONCLUSÕES | 31 |
| | REFERÊNCIAS | 32 |

1 INTRODUÇÃO

O setor agrícola tem investido fortemente em implementos tecnológicos, o que tem permitido um alto rendimento na produção. Entretanto, certos fatores, tais como as infestações por plantas daninhas, acabam comprometendo a produtividade, sendo essas infestações um dos motivos mais preocupantes na atividade agrícola (GOMES, 2016). As plantas daninhas competem pelos recursos com as plantas cultivadas, liberam substâncias que podem ser alelopáticas e, ainda, podem hospedar pragas e doenças, o que pode acarretar em danos à cultura. Dependendo do tipo de doença ou praga propagada pelas plantas daninhas, o manejo pode representar até 30% do custo de produção (CHRISTOFFOLETI, 2006; LORENZI, 1995).

Inúmeras são as espécies de plantas daninhas existentes nas áreas de produção agrícola e, no meio destas, podemos evidenciar aquelas pertencentes à família Convolvulaceae. Essa família é composta por aproximadamente 2.000 espécies de pequenas árvores, lianas, plantas arbustivas ou herbáceas, anuais ou perenes (NERY, 2017). Destacam-se dentro dessa família as espécies conhecidas popularmente por jetirana ou corda-de-viola, pertencentes ao gênero *Ipomoea*. As espécies desse gênero possuem de hábito trepador, que podem acarretar sérios problemas à colheita mecanizada em áreas de cultivo (NERY, 2017). A espécie *Ipomoea triloba* (L.) Roth, destaca-se por estar presente em quase todas as regiões agrícolas do país e infestar culturas de café, soja, milho, cana-de-açúcar entre outras (AGOSTINETO, 2015). Sendo assim, um manejo correto dessas plantas daninhas é de suma importância para a obtenção da lucratividade no segmento agrícola.

Para se evitar os prejuízos nas culturas causados pelas plantas daninhas, são amplamente utilizados os defensivos agrícolas conhecidos como herbicidas. Os herbicidas podem acarretar problemas ambientais, como a poluição do solo e dos corpos d'água, seleção de populações de plantas daninhas resistentes e, ainda, causar danos tanto à saúde humana, quanto à de outros animais (GOMES, 2016).

Dentre os defensivos mais utilizados destaca-se o glifosato, que hoje em dia é um dos defensivos agrícolas de maior importância mundial (MOREIRA, 2007). O glifosato inibe a enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), que é

responsável por uma das etapas da síntese dos aminoácidos fenilalanina, tirosina e triptofano (LACERDA et al., 2017).

A inibição da EPSPs resulta no acúmulo de ácido chiquímico, síntese de ácido indolacético (AIA) e de outros hormônios vegetais, além de reduzir biossíntese de aminoácidos aromáticos, como triptofano, tirosina e fenilalanina (LACERDA et al., 2017; MOREIRA, 2007). Tais mudanças metabólicas acabam resultando em clorose foliar, seguida de necrose, enrugamento ou malformações. O glifosato causa, ainda, a necrose de meristemas, rizomas e estolões, com a morte do vegetal ocorrendo após alguns dias, dependendo da espécie (YAMADA, 2007).

O glifosato após ser assimilado no ambiente, permanece até ser completamente mineralizado, processo pode durar meses, ou até anos (MORAES & ROSSI, 2010). Devido a esse longo período, em determinados tipos de solo, o glifosato pode interferir na presença de microorganismos, que são muitas das vezes importante para a nutrição e o desenvolvimento de determinados cultivares (FRANZONI et al., 2016).

A exposição recorrente ao glifosato acaba interferindo no tamanho da população de certos animais, como a das minhocas, indispensáveis para a manutenção do solo, aves e insetos que são importantes para a dispersão de sementes e para a polinização (MORAES & ROSSI, 2010).

Em certos casos, o glifosato acaba sendo tóxico, mesmo em concentrações baixas, principalmente para os peixes e minhocas (MORAES & ROSSI, 2010). Silva et al. (2015) destacam que o glifosato pode ser um dos possíveis causadores de câncer nos seres humanos. Por esse motivo, o Ministério Público Federal em 2015, pediu a reavaliação da toxicidade e o seu banimento de todo o território brasileiro.

Nesse sentido, é necessária a busca por novos herbicidas que sejam, ao mesmo tempo, eficientes no controle das plantas daninhas e de baixo impacto para o meio ambiente e para a saúde humana.

Atualmente, a crescente preocupação referente às questões ambientais por parte da população e dos órgãos ambientais, estabeleceu uma maior pressão sobre empresas e pesquisadores, os quais passaram a buscar alternativas mais eficazes no

combate às plantas daninhas, e com menores impactos negativos no ambiente (CHRISTOFFOLETI, 2006). Neste contexto, uma das alternativas para o controle das plantas daninhas, seria o manejo do potencial alelopático de espécies vegetais, cujos compostos secundários podem ser utilizados na produção de defensivos agrícolas, ou ainda modificados para o aumento da atividade biológica (GOMES, 2016).

Portanto, é de grande importância o estudo fitoquímico dos metabólitos secundários que podem ser tóxicos para determinada planta daninha (BALESTRINI, 2006). Dentre os metabólitos secundários que apresentam atividade sobre as plantas daninhas, destacam-se as benzoxazinonas, encontradas em algumas espécies de gramíneas, o ácido quinolinocarboxílico, encontrado em *Nicotiana tabacum* L., e o cineol, isolado do óleo de eucalipto e de outras espécies vegetais (PIRES; OLIVEIRA, 2011).

Dentre as espécies vegetais com atividade biológica potencial sobre a germinação de plantas daninhas, destacam-se aquelas pertencentes à família Asteraceae, quimicamente caracterizada pela presença de metabólitos secundários denominados lactonas sesquiterpênicas (LSTs) (PICMAN, 1986; SCHMIDT, 1999). As LSTs possuem uma ampla atividade biológica, principalmente em células animais, sobre as quais exercem atividades antiinflamatória, antitumoral, antimicrobiana, pró-apoptótica, entre outras (GHANTHOUS et al. 2010; PICMAN, 1986; SCHMIDT, 1999).

Embora haja um grande número de trabalhos descrevendo as atividades das LSTs em células animais, seus efeitos sobre células vegetais, bem como seu papel fisiológico e ecológico, são pouco explorados. No geral, as LSTs são descritas como substâncias tóxicas, atuando na defesa do vegetal contra a herbivoria (AMBRÓSIO et al., 2008; PICMAN, 1986; SCHMIDT, 1999).

No entanto, estudos sobre a atividade alelopática de espécies de Asteraceae demonstraram que as LSTs são capazes de agir sobre sementes de mono e dicotiledôneas, inibindo ou induzindo sua germinação, sugerindo que a ação dessas substâncias vai além da função de dissuasórios alimentares (BARBOSA et al., 2004; DUKE et al., 1987; PICMAN, 1986). A ação inibitória pode ocorrer devido a uma atividade fitotóxica, pela alteração da atividade enzimática, ou por um mecanismo de ação semelhante ao de hormônios vegetais (ABDELGALEIL et al., 2009; DUKE et al.,

1987). Também foi demonstrado que várias LSTs podem atuar como inibidoras de enzimas geradoras de ROS (Espécies reativas do oxigênio), tanto em células animais, quanto em células vegetais (ABDELGALEIL *et al.*, 2009; KANASHIRO *et al.*, 2006; LÓPEZ-ANTON *et al.*, 2007; HERRERA, *et al.*, 2005; SCHORR *et al.* 2007). Sendo assim, pode ser provável que as LSTs também atuem sobre essas enzimas durante a germinação.

Os estudos de fitoquímicos de espécies com LSTs, tal como a espécie *Sphagneticola trilobata* (L.) Prusk, tornam-se importantes, já que as LSTs possuem atividade comprovada sobre a germinação de sementes. Além disso, a espécie pertence a uma das maiores famílias de plantas, e está amplamente distribuída em regiões tropicais, havendo poucos trabalhos sobre a atividade biológica da espécie agindo sobre sementes de espécies daninhas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito do extrato, frações (hexânica, acetato de etila e aquosa) e da substância majoritária da fração mais ativa obtida do extrato de lavagem foliar da vedélia (*S. trilobata*) sobre a germinação inicial de sementes da espécie daninha corda-de-viola (*I. triloba*).

2.2 Objetivos específicos

- Preparo do extrato de lavagem foliar de *S. trilobata*, utilizando acetona como solvente de extração;
- Obtenção das frações de baixa (hexano), média (acetato de etila) e alta polaridade (aquosa), utilizando o método de partição líquido - líquido;
- Ensaios bioguiados, por meio de testes de germinação *in vitro*, com o extrato de lavagem foliar e as diferentes frações obtidas;
- Isolamento do composto majoritário da fração mais ativa;
- Avaliar a atividade do composto isolado sobre a germinação das sementes da corda-de-viola, utilizando o glifosato como controle positivo;
- Análise estatística dos resultados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Plantas daninhas

A concepção de plantas daninhas está associada ao homem, desde seu surgimento na Terra, quando habitavam cavernas e florestas, e exerciam a prática extrativista de animais e plantas. A partir desse momento, o homem começou a optar por plantas que poderiam comer e plantar, iniciando então a domesticação de algumas espécies cultivadas e, conforme a terra era lavrada, surgiam plantas que se desenvolviam espontaneamente e que deveriam ser contidas para não interferir nos cultivos (CARVALHO, 2013). Neste período, ainda não havia um conceito, mas é o período em que os autores mais exploram como sendo a época em que as plantas daninhas começaram a interferir nas culturas.

Atualmente, o conceito de planta daninha vem sendo estudado por diversos autores. Alguns as conceituam como sendo qualquer planta que cresça onde não é desejada (KLINGMAN, 1961), ou qualquer planta que interfira nos objetivos do homem. Ecologicamente são tidas como plantas pioneiras de sucessão secundária (OLIVEIRA, 2005). Entretanto, podem ser definidas como sendo toda planta que se desenvolva naturalmente em uma área de atividade humana e cause prejuízos (CARVALHO, 2013).

As plantas daninhas possuem tanto interesse econômico, quanto social. Muitas são utilizadas pelo homem de forma medicinal, alimentícia ou, ainda, como cobertura vegetal para manter a umidade e a estrutura do solo, evitando a perda de água (CHRISTOFFOLETI, 2001). Porém, muitas acabam prejudicando as atividades de produção na agricultura e pecuária (CARVALHO, 2013), ocasionando perdas econômicas que acabam afetando o campo social. Dentre os efeitos negativos das plantas daninhas destacam-se, ainda, a elevação dos custos da produção e a diminuição da qualidade do solo e da produtividade. Além disso, sua presença dificulta o manejo de culturas e contribui para a propagação de pragas e doenças, por serem potenciais hospedeiras de nematoides, ácaros, bactérias e vírus (CARVALHO, 2013).

Atualmente, o principal meio para o controle das plantas daninhas é o uso de herbicidas devido sua facilidade, rapidez e eficiência. Entretanto, o uso indiscriminado

de herbicidas vem provocando o desenvolvimento de muitos casos de resistência a estes compostos por diversas espécies daninhas, além de danos ambientais (WYRILL; BURNSIDE, 1977). Desse modo, tornam-se necessárias pesquisas na busca por produtos naturais com capacidade herbicida eficaz e de menor impacto sobre o meio ambiente (COSER, 2015).

3.2 Corda-de-viola (*Ipomea triloba* L.)

Ipomea triloba L., conhecida popularmente por corda-de-viola, corda-de-viola miúda, corriola rosa e jetirana, é uma espécie da família Convolvulaceae (NERY, 2017). A família Convolvulaceae é composta por 55 gêneros e 650 espécies em todo o mundo (MABBERLEY, 1997). Apenas seis gêneros apresentam espécies consideradas como plantas daninhas (PINHEIRO, 2010). São cosmopolitas na distribuição (NERY, 2017), e estão melhor representados na Ásia e Américas (WILSON, 1988).

A corda-de-viola se destaca por ser uma das plantas daninhas mais problemáticas para agricultura. Em algumas regiões do Brasil, a grande maioria das espécies infestante pertence à família Convolvulaceae e ao gênero *Ipomoea* (KISSMANN; GROTH, 1999). Os representantes desse gênero possuem como principal característica a presença de caule e ramos volúveis, o que proporciona o hábito trepador. Plantas com esse tipo de hábito impedem a utilização de colheitadeira mecanizada, acarretando na diminuição da eficiência operacional, devido à presença dos ramos da daninhas envoltos nos caules da cultura (ELMORE et al., 1990).

Nas regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste do Brasil a corda-de-viola apresenta grande incidência após plantio ou colheita no período da primavera e verão, pelo fato de seu ciclo ser mais longo do que o das culturas (FONTES et al., 2003). Além disso, as altas temperatura e umidade auxiliam na quebra de dormência das sementes e contribuem para o seu desenvolvimento (AZANIA et al., 2003).

A propagação da corda-de-viola acaba afetando as culturas em todas as fases do ciclo. Entretanto, na fase inicial, competem por nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas (DUARTE et al., 2008), o que pode levar à morte de determinada cultura. Além de ser altamente competitiva, a corda-de-viola vem se tornando prejudicial tanto em áreas onde o controle das plantas daninhas se baseia

no uso intensivo do glifosato, quanto em áreas com colheita mecânica (LORENZI, 2000).

Em estudos realizados para avaliar a retomada da atividade respiratória e a cinética das mudanças nas atividades de principais enzimas antioxidantes durante a germinação de sementes de corda-de-viola, demonstram que as enzimas com maior atividade são as superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), guaiacol peroxidase (POD), Ascorbato peroxidase (APX), e estes resultados podem estar relacionado à produção de ROS (PERGO et al. 2011).

Este mesmo estudo demonstra os efeitos de quatorze aleloquímicos na germinação e crescimento de *I. triloba*. Onde nenhum dos aleloquímicos analisados causou modificação significativa nos índices de germinação de *I. triloba*. Entretanto observou-se que cada composto apresenta efeitos diferentes no crescimento inicial da *I. triloba*. E que o aleloquímico α -pinene tem um alto potencial para agir como um herbicida em *I. triloba* através do seu efeito na indução ao estresse oxidativo durante a germinação de sementes ao crescimento das mudas (PERGO et al. 2011).

3.3 Defensivos agrícolas

A utilização de defensivos agrícolas como uma medida de controle de pragas e doenças em culturas existe há pouco mais de meio século. A sua utilização em lavouras teve início logo após as grandes guerras mundiais, onde eram utilizados como arma química (GEREMIA, 2011).

O manejo das plantas daninhas com defensivos agrícolas nos últimos anos vem crescendo consideravelmente no Brasil, por ser um método rápido, eficiente e economicamente viável (FILHO, 2013). Entre 2001 e 2008, foram utilizadas 986,5 mil de toneladas e o consumo pulou de pouco mais de US\$ 2 bilhões para mais de US\$ 7 bilhões, levando o Brasil a se tornar o maior consumidor mundial (SOARES et al., 2017). Segundo AUGUSTO et al. (2015), os Ministérios da Saúde, da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e do Meio Ambiente possuem 434 ingredientes ativos registrados e mais de 2.400 formulações de defensivos agrícola para venda no mercado. Os agroquímicos sozinhos representam 48% deste mercado, seguidos pelos inseticidas (25%) e pelos fungicidas (22%) (PELAEZ et al., 2009).

Mesmo sendo muito importante para a proteção e produtividade na agricultura, a utilização intensiva de agrotóxicos tem promovido a contaminação de alimentos, da água e do ar (SOARES et al., 2017). O programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA) da ANVISA apresentou que, em 2011, a cada três alimentos consumidos pelo ser humano, um estava contaminado com agrotóxicos (ANVISA, 2013).

No Brasil, entre os defensivos mais utilizados estão o herbicida glifosato ($C_3H_8NO_5P$), óleo mineral e 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) (AUGUSTO et al., 2015). Dentre estes, o glifosato se destaca por ser o mais vendido no Brasil e no mundo. Estima-se que cerca de 250 milhões de litros de glifosato são vendidos no Brasil anualmente. A Monsanto, que o comercializa sob a marca Roundup, manteve a patente do glifosato até 2000 (MELO, 2015). A partir desse período, o produto passou a ser formulado e comercializado por diversas empresas. O aumento na concorrência entre empresas na venda do herbicida após o fim das patentes da Monsanto, culminaram na redução do seu preço no Brasil, o que também colaborou para uma maior popularização do uso do veneno (OLIVEIRA, 2016).

A utilização de agrotóxicos, mesmo sendo eficiente e prático no combate às plantas daninhas, vem recebendo diversos questionamentos quanto ao seu impacto ambiental e por selecionar indivíduos cada vez mais resistentes a esses produtos (ADORYAN et al., 2001). A preocupação com os efeitos danosos dos agrotóxicos à saúde pública, e a conscientização sobre a necessidade de proteção ambiental e utilização racional dos recursos naturais têm aumentado a demanda por agentes biologicamente renováveis, como os herbicidas naturais (PIRES; OLIVEIRA, 2011). Assim, a busca por alternativas para o controle de plantas daninhas menos nocivas ao meio ambiente vem sendo investigada por pesquisadores e empresas do mundo todo. Entre essas alternativas, encontra-se a utilização de espécies que liberam substâncias prejudiciais às outras, fenômeno conhecido como alelopatia, reduzindo ou até mesmo inibindo totalmente o desenvolvimento de plantas daninhas (SILVEIRA, 2010).

Sendo assim, este trabalho teve por objetivo, utilizar o potencial alelopático da vedélia sobre a germinação da corda-de-viola, com o intuito de verificar se substâncias isoladas da vedélia possuem potencial para se tornar um novo herbicida.

3.4 *Sphagneticola trilobata* (L.) Prusk

A espécie *S. trilobata*, conhecida popularmente por pseudo-arnica, margaridão, picão-da-praia ou vedélia (BACCARIN et al., 2008), é uma das espécies da família Asteraceae rica em LSTs. Asteraceae é uma das maiores famílias de plantas com cerca de 1.600 gêneros e 25.000 espécies (FRANCO et al., 2014). No Brasil, está distribuída em todo território, com aproximadamente 2.000 espécies e 250 gêneros (RITTER et al., 2009). Entretanto é melhor representada nas regiões litorâneas.

A vedélia é nativa da América Central e América do Sul, porém pode ser encontrada em áreas tropicais úmidas, como nas Índias Ocidentais, Havaí, Sul da Flórida e Bangladesh (PICMAN et al., 1986). A ramagem rasteira e ramificada apresenta folhas trilobadas de coloração verde-escura e com tricomas tectores e/ou glandulares, que acentuam o contraste com as pequenas inflorescências completamente amarelas.

Como outras flores da família Asteraceae, as flores verdadeiras são muito numerosas e se apresentam em capítulos solitários. A floração ocorre durante todo o ano, e devido ao seu comportamento estolonífero e rasteiro, é muito utilizada como ornamental. Na medicina popular é muito utilizada contra gripes, resfriados, dores de cabeça, febre, infecções e patologias respiratórias (RAGGI, 2013).

Suchantabud et al. 2015, indicou em seus estudos que o extrato de folhas de *S. trilobata* não apresenta toxicidade aguda com LD₅₀ (dose letal) superior a 2000 mg/kg. E, portanto, é seguro e pode ser usado na medicina tradicional (como agentes antioxidantes, analgésicos, anti-inflamatórios, antimicrobianos, cicatrizantes, larvicidas, tripanocidas, contração uterina, antitumorais e hepatoprotetores) ou dieta complementar sem qualquer efeito sobre a função hepática e renal.

O hábito de crescimento agressivo, a tolerância a estresses ambientais e capacidade de sintetizar aleloquímicos tem feito com que a *S. trilobata* invada e cause danos significativos a ecossistemas e culturas (HERNÁNDEZ-ARO et al. 2016).

Hernandes-aro 2016 em seu estudo avaliou o potencial alelopático e os efeitos da *S. trilobata* sobre ervas daninhas, e verificou que os extratos da *S. trilobata* inibe a germinação de dicotiledôneas em todas as concentrações e apenas em doses mais

altas inibe a germinação de monocotiledôneas, e acarretas efeitos sobre o peso seco das plantas daninhas (HERNÁNDEZ-ARO et al. 2016).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Obtenção do material vegetal

As folhas e caules da vedélia para o preparo dos extratos foram coletadas em estágio de floração, no dia 13 de março de 2018. na cidade de Santa Helena – PR nas coordenadas 24°51'12.5"S 54°20'07.9"W (Figura 1). Para a realização da coleta foram utilizadas tesouras de poda e bacias. O material vegetal foi encaminhado para a UTFPR, campus Santa Helena, onde foi seco em estufa de ar-circulante a 40°- 45°C. Exsiccatas da espécie foram montadas como material testemunho e enviados para depósito no herbário em desenvolvimento na UTFPR- Santa Helena. As sementes da planta daninha utilizada foram compradas da empresa Cosmos Agrícola Produção e Serviços Rurais Ltda – Epp, de empresa certificada na produção sementes.



Figura 1: Aspecto geral da área de coleta da corda-de-viola.

4.2 Preparo dos extratos, fracionamento e caracterização fitoquímica

Extratos da vedélia foram preparados para serem utilizados nos ensaios de germinação *in vitro*. Brevemente, o material vegetal seco (1,881 kg) passou por um processo de lavagem com acetona (9 L) para obtenção do extrato de lavagem foliar. A lavagem das folhas com acetona libera as LSTs localizadas nos tricomas

glandulares presentes na superfície abaxial das folhas. Posteriormente, o solvente foi evaporado sob pressão reduzida, utilizando-se evaporador rotativo dando origem ao extrato de lavagem foliar.

O extrato de lavagem foliar foi submetido à partição líquido-líquido com solventes de polaridade crescente, iniciando com hexano (3 vezes), passando para acetato de etila (3 vezes) e terminando com metanol (3 vezes). As frações obtidas tiveram os solventes evaporados sob pressão reduzida, utilizando-se evaporador rotativo. As respectivas frações: hexânica (3,6 g), acetato de etila (2,5 g) e aquosa (1,2 g) foram testadas quanto à capacidade de inibir a germinação das sementes da corda-de-viola.

Para o isolamento da substância majoritária da fração que demonstrou maior atividade sobre a germinação das sementes, foi utilizada a técnica cromatográfica que utiliza fase estacionária de sílica gel de fase normal sob pressão moderada (*flash*) e como fase móvel utilizou-se uma solução de hexano, AcOEt e 1% de ácido acético. A identificação do composto isolado foi realizada por meio de comparação com padrão existente no laboratório de química da UTFPR, campus Santa Helena, através da cromatografia em camada delgada (CCD).

4.3 Ensaios de germinação de sementes

O extrato e frações obtidas foram testados quanto aos seus efeitos sobre a regulação do crescimento vegetal em ensaio de germinação *in vitro*. Os extratos foram testados em sementes da corda-de-viola. Brevemente, as sementes foram submetidas à quebra da dormência por meio de choque térmico a quente (50°C). Em seguida, as sementes passaram por desinfestação em uma solução de hipoclorito de sódio 10%, e posteriormente foi realizado o plaqueamento, no qual cerca de 20 sementes foram colocadas em placas de petri contendo papel de filtro, umedecido com a solução controle (água) (5 ml), e com as soluções testes (5 ml) (extrato e frações nas concentrações de 0,25 mg/ml; 0,5 mg/ml; 1,0 mg/ml). O ensaio foi conduzido em BOD da marca LimaTec® com umidade de 70%, temperatura a 35°C e ciclo claro-escuro de 12h. Para os testes com a substância majoritária isolada e o glifosato, foram utilizadas as concentrações de 0,125 mg/ml; 0,25 mg/ml; 0,5 mg/ml e 1,0mg/ml.

As sementes da corda-de-viola foram colocadas para germinar segundo metodologia padronizada previamente no laboratório. O acompanhamento da germinação foi feito durante 7 dias, sendo a emissão de hipocótilo e radículas (Figura 2) considerados para caracterizar a germinação total das sementes. O número de sementes germinadas foi contado diariamente e, ao final do experimento, as sementes foram fotografadas e o alongamento das partes da plântula medido com a ajuda de paquímetro digital.

Os resultados obtidos referentes a percentagem de sementes germinadas, comprimento da radícula e hipocótilo foram expressos como média \pm erro padrão da média e submetidos a testes estatísticos de análise de variância ANOVA *one-way*, seguida do pós-teste de Dunnet para comparação entre os grupos.

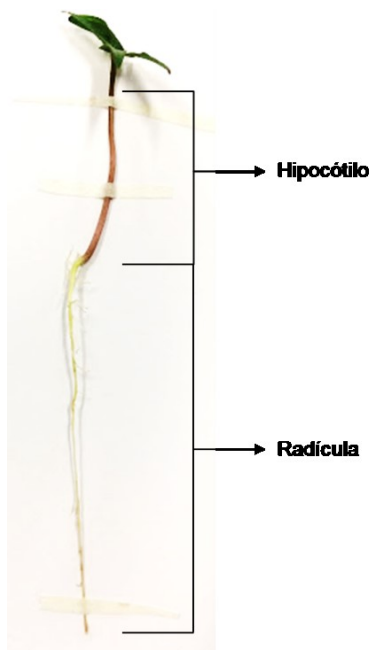


Figura 2: Aspectos morfológicos da plântula de corda-de-viola aos 7 dias após o início dos testes: Hipocótilo e Radícula.

5 RESULTADOS E DISCUSSOES

O teste de germinação *in vitro* sobre as sementes da corda-de-viola foi empregado para avaliar a bioatividade do extrato e frações da vedélia sobre a germinação e crescimento inicial da corda-de-viola.

No teste de germinação com sementes da corda-de-viola utilizando o extrato e as frações, os resultados não foram estatisticamente diferentes daqueles encontrados para a testemunha, em nenhuma das concentrações testadas (Figura 3). HERNÁNDEZ-ARO et al. (2016) demonstram que o extrato das folhas da vedélia inibiu o número de sementes germinadas de algumas dicotiledôneas, como o repolho, em todas as concentrações testadas, mas não afetou o número de sementes germinadas da cebola e estimulou a germinação do rabanete e do tomate, indicando que o efeito da vedélia sobre a germinação das sementes depende da espécie estudada.

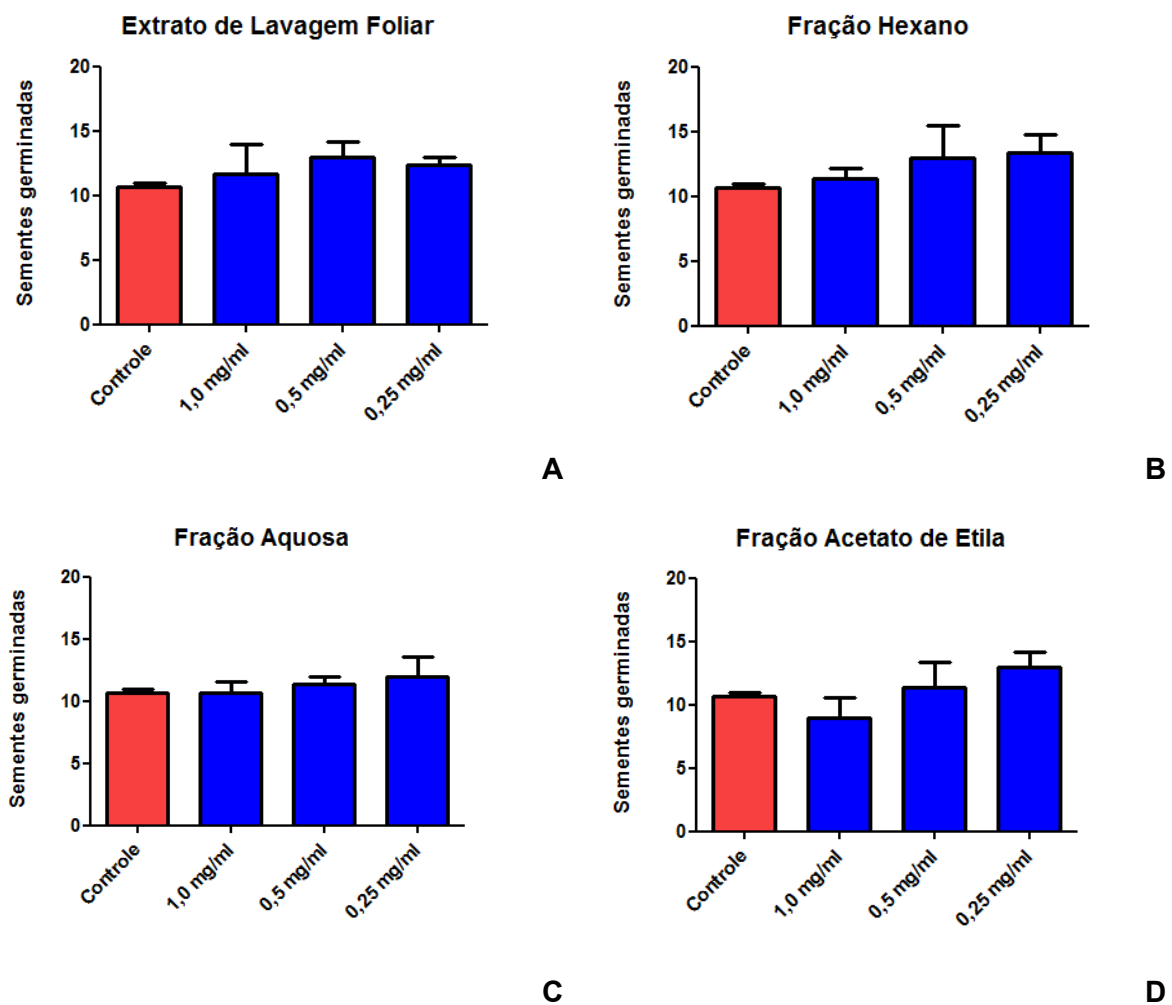


Figura 3: Efeito do extrato e frações obtidas a partir das partes aéreas da vedélia sobre o número de sementes germinadas da corda-de-viola. **A.** Extrato. **B.** Fração hexânica. **C.** Fração aquosa. **D.** Fração acetato de etila. Valores expressos em média ± E.P.M. * Representa diferença estatística em relação ao controle ($P < 0.05$) através da ANOVA *one-way*, seguida pelo teste de Dunnet.

Contudo, foram obtidos resultados estatisticamente significativos sobre o desenvolvimento radicular e do hipocótilo. Esses efeitos variaram com o tipo de fração e com as concentrações utilizadas nos testes de germinação *in vitro*.

O tratamento das sementes da corda-de-viola com o extrato da vedélia não afetou significativamente o crescimento da parte aérea (Figura 4B). Porém, foram observados resultados significativos sobre o crescimento da radícula em todas as concentrações testadas do extrato (Figura 4A). HERNÁNDEZ-ARO (2016), utilizando os extratos da vedélia, encontram diferenças estatísticas no comprimento do hipocótilo de quatro cultivares de cebola, repolho, rabanete e tomate, e observaram, também, resultados significativos no comprimento da radícula do tomate e do repolho.

CHENGRONG et al. (2005) também demonstraram que os extratos da vedélia causaram um efeito negativo no metabolismo de plantas de arroz, as quais sofreram uma redução do peso e da atividade radicular, inibindo assim o desenvolvimento da radícula.

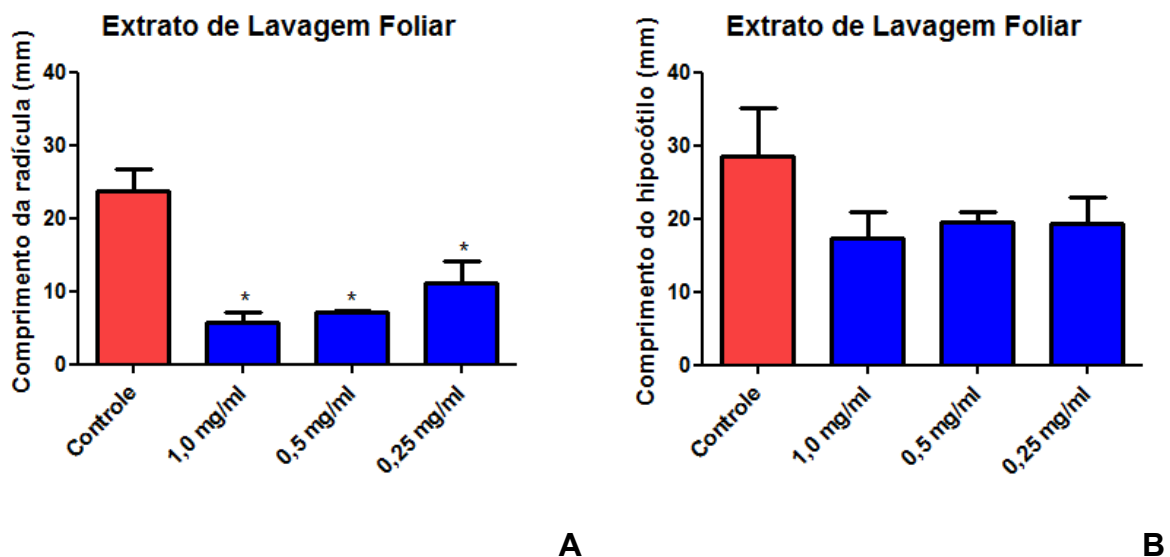


Figura 4: Efeitos do extrato da vedélia sobre o crescimento inicial da radícula e do hipocótilo da corda-de-viola. **A.** Radícula. **B.** Hipocótilo. Valores expressos em média \pm E.P.M. * Representa diferença estatística em relação ao controle ($P < 0.05$) através da ANOVA *one-way*, seguida pelo teste de Dunnet

Devido aos efeitos estaticamente significativos demonstrados pelo extrato, procedeu-se o ensaio biomonitorado com as frações obtidas, com o intuito de verificar qual delas seria a mais ativa no teste de germinação *in vitro*. Tal ensaio serviria para escolher a fração que seria submetida a técnicas cromatográficas para o isolamento do possível composto responsável pela atividade biológica observada. Assim, foram avaliados os efeitos das frações hexânica, acetato de etila e aquosa sobre o crescimento da radícula e hipocótilo.

A fração hexânica não afetou significativamente o crescimento da radícula e nem do hipocótilo quando comparada ao controle (Figura 5).

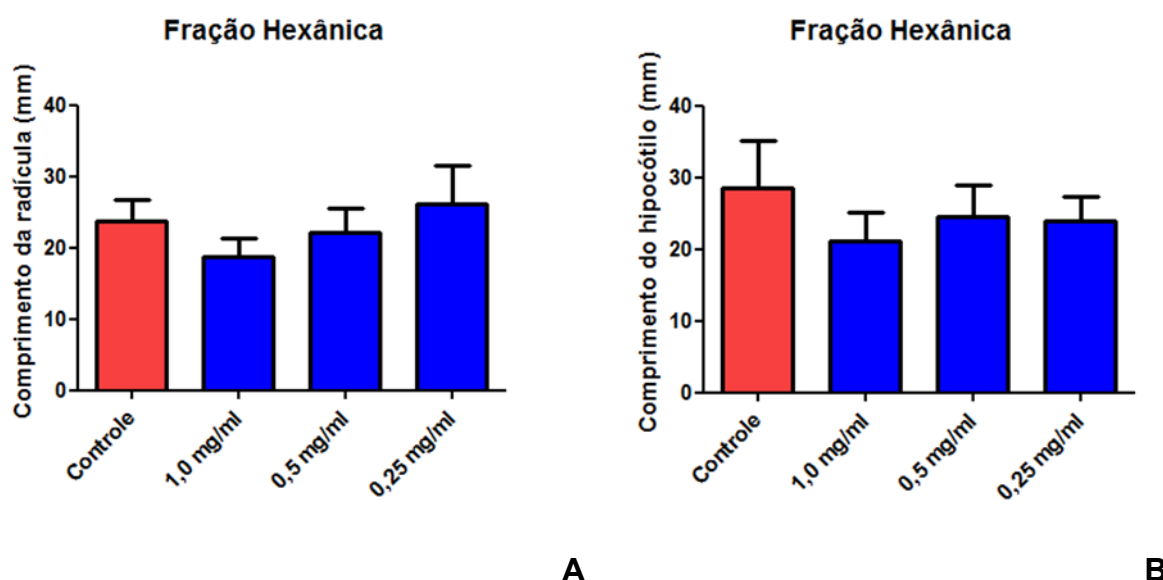


Figura 5: Efeitos da fração hexânica sobre o crescimento inicial da radícula e do hipocótilo da corda-de-viola. **A.** Radícula. **B.** Hipocótilo. Valores expressos em média \pm E.P.M. * Representa diferença estatística em relação ao controle ($P < 0.05$) através da ANOVA *one-way*, seguida pelo teste de Dunnet.

No teste com a fração de acetato de etila foram obtidos resultados significativos sobre crescimento inicial da parte aérea e da radícula. A dose de 1,0 mg/ml levou a uma redução do crescimento do hipocótilo (Figura 6B), enquanto a redução do crescimento da radícula foi observada em todas as doses testadas (Figura 6A). RUIZ-CRUZ (2017) verificaram que a fração acetato de etila do extrato das folhas da vedélia em diferentes concentrações provocaram uma inibição da parte aérea na germinação de híbridos de pimenta. MATSUMOTO et al. (2010) destaca que as raízes,

normalmente, são mais sensíveis aos efeitos alelopáticos do que a germinação e o alongamento do hipocótilo.

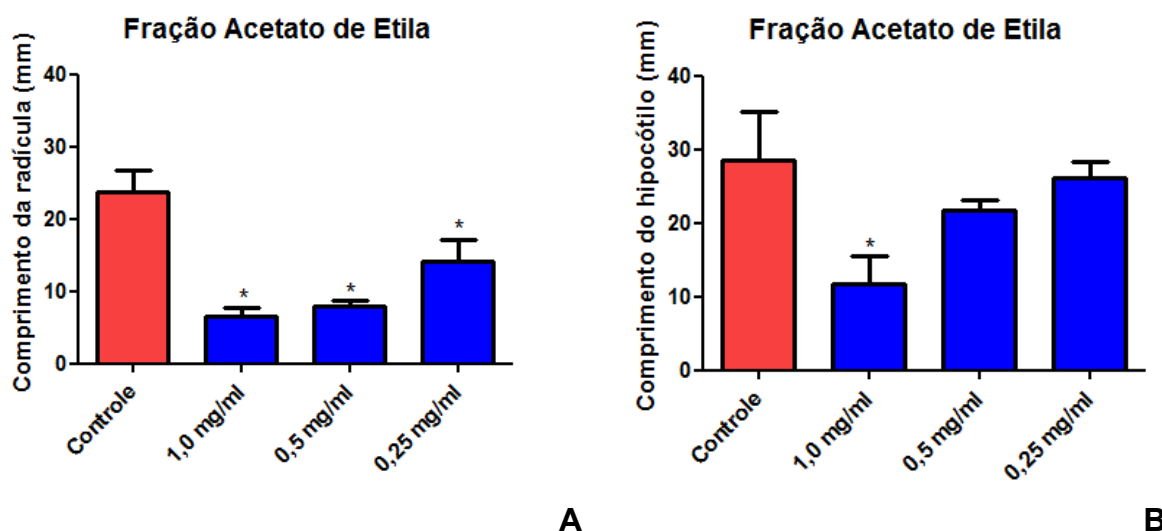


Figura 6: Efeitos da fração acetato de etila sobre o crescimento da radícula e do hipocótilo da corda-de-viola. **A.** Radícula. **B.** Hipocótilo. Valores expressos em média \pm E.P.M. * Representa diferença estatística em relação ao controle ($P < 0.05$) através da ANOVA *one-way*, seguida pelo teste de Dunnet.

A fração aquosa reduziu significativamente o crescimento radicular nas concentrações de 1,0 mg/ml e 0,5 mg/ml (Figura 7A), já na parte aérea não houve resultados significativos em nenhuma das concentrações testadas (Figura 7B). CHENGRONG et al. (2005), em estudos realizados com extrato aquoso da vedélia, observaram resultado significativo na redução dos perfilhos de arroz e verificaram, também, que os extratos aquosos de diferentes órgãos da planta reduziram significativamente a atividade radicular. A inibição do crescimento radicular é importante, pois faz com que a planta não construa um sistema radicular forte, e que não consiga crescer de forma saudável, o que pode levar à redução da absorção de água e nutrientes. CHENGRONG et al. (2005) também verificaram que houve uma inibição significativa da atividade do nitrato redutase e da glutamina sintase, concluindo que houve uma redução na eficiência da planta em utilizar nitrogênio.

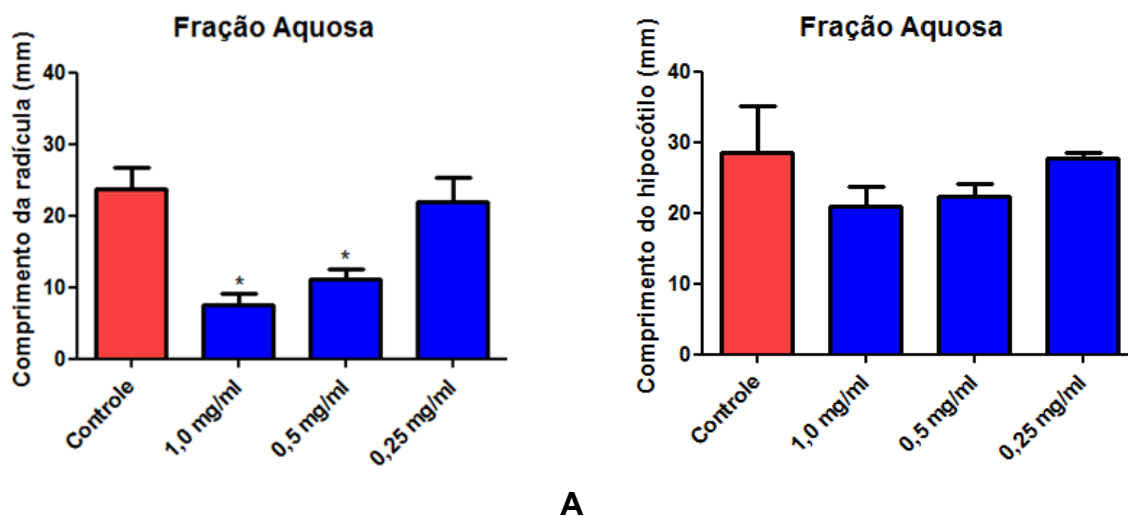


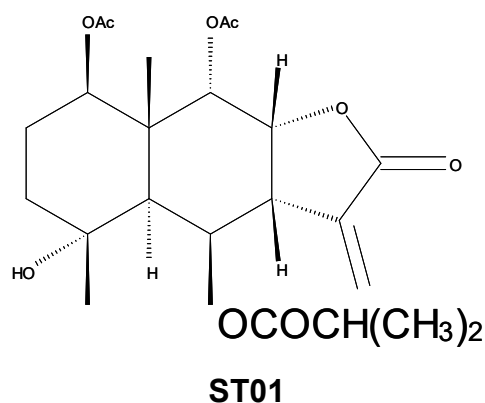
Figura 7: Efeitos da fração aquosa sobre o crescimento inicial da radícula e do hipocótilo da corda-de-viola. **A.** Radícula. **B.** Hipocótilo. Valores expressos em média \pm E.P.M. * Representa diferença estatística em relação ao controle ($P < 0.05$) através da ANOVA *one-way*, seguida pelo teste de Dunnet.

Assim, a fração acetila, que demonstrou atividade inibidora do crescimento da radícula em todas as concentrações testadas, foi escolhida para o isolamento do seu composto majoritário, com o intuito de verificar se esse composto é o responsável pela atividade biológica demonstrada pela fração. O isolamento foi realizado por meio de coluna cromatográfica sob pressão moderada (Figura 8), utilizando-se uma mistura de hexano e acetato de etila (3:7) como fase móvel e sílica gel 60 (230-400 mesh) como fase estacionária.



Figura 8: Cromatografia em coluna

O composto majoritário isolado (**ST01**) foi submetido à cromatografia em camada delgada (CCD), sendo a sua identificação realizada por meio de comparação com um padrão existente no laboratório (isolado da mesma espécie). Desta forma, foi isolada a lactona sesquiterpênica denominada trilobolido-6-O- isobutirato (**ST01**).



O ensaio com composto isolado (ST01) foi utilizado no ensaio de germinação *in vitro* das sementes da corda-de-viola. Neste ensaio, o glifosato foi utilizado com substância de referência (controle positivo), por ser o herbicida mais utilizado.

Conforme era esperado, o glifosato reduziu de forma significativa o crescimento da radícula em todas as concentrações testadas (Figura 9A). Tal resultado pode estar associado com a possível diminuição da síntese e da translocação de auxina para as raízes, conforme efeito já descrito do glifosato sobre outras espécies daninhas, além da diminuição da síntese de outros hormônios vegetais (BERTONCELLI et al., 2018). Já em relação ao crescimento do hipocótilo, foram observados resultados significativos nas concentrações 0,25, 0,5 e 1,0 mg/ml (Figura 9B).

O teste com o composto ST01 reduziu de forma dose-dependente o crescimento da radícula (Figura 9A), sendo essa redução estatisticamente significativa nas doses de 0,25, 0,5 e 1,0 mg/ml. Somente a concentração 0,125 mg/ml não apresentou resultados significativos em relação ao controle negativo (água). Já em relação ao crescimento do hipocótilo, somente o teste com a concentração 1,0 mg/ml levou a um resultado significativo (Figura 9B).

Portanto, os resultados obtidos demonstraram que o composto ST01 apresenta, principalmente, um efeito inibidor sobre o crescimento da radícula, da mesma forma que o observado para o glifosato. Assim, pode-se esperar que o trilobolido-6-O-isobutirato isolado da vedélia possa comprometer o desenvolvimento inicial da corda-de-viola. Contudo, mais estudos são necessários para avaliar os mecanismos de ação da atividade biológica demonstrada por esse composto.

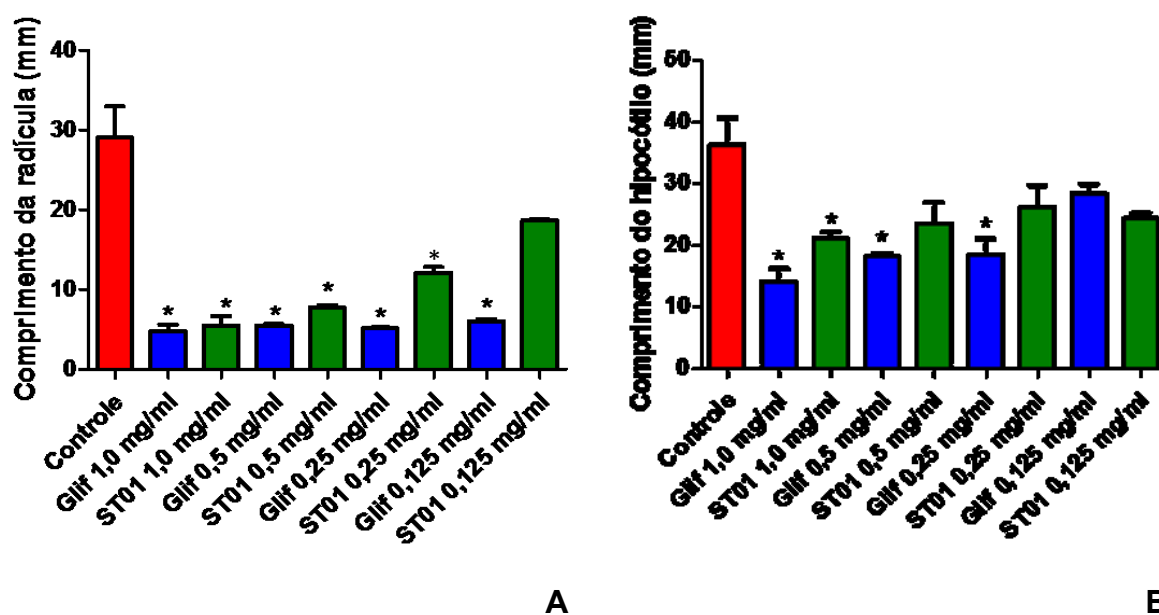


Figura 9: Efeitos do composto ST01 e do glifosato sobre o crescimento da radícula e do hipocótilo da corda-de-viola. **A.** Radícula. **B.** Hipocótilo. Valores expressos em média \pm E.P.M. * Representa diferença estatística em relação ao controle ($P < 0.05$) através da ANOVA *one-way*, seguida pelo teste de Dunnet.

Os testes de germinação *in vitro* podem ser considerados uma alternativa viável para a busca de novas estruturas químicas para produção de bioativos potenciais para o combate de pragas ou plantas invasoras que sejam menos danosas ao ambiente, o que se torna uma alternativa considerável no manejo de plantas daninhas.

Outros estudos podem ser realizados com os extratos ou moléculas específicas já conhecidas da vedélia para avaliar os efeitos sobre a germinação e o crescimento inicial de outras espécies daninhas, através de bioensaios com diferentes solventes e concentrações.

6 CONCLUSÕES

O extrato e as frações (acetato de etila e aquosa) da vedélia apresentaram efeitos inibidores sobre o desenvolvimento da radícula e do hipocótilo da corda-de-viola. A partir da fração acetato de etila foi isolada a lactona sesquiterpênica trilobolido-6-O-isobutirato, a qual reduziu significativamente o crescimento da radícula, de forma similar ao que ocorre com o glifosato.

REFERÊNCIAS

ABDELGALEIL S. A.; MOHAMED M. I. E.; BADAWY M. E. I.; EL-ARAMI S. A. A.; Fumigant and contact toxicities of monoterpenes to *Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst) and their inhibitory effects on acetylcholinesterase activity. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 35, p. 518 – 525, May, 2009.

ADORYAN, M. L.; GELMINI, G. A.; VICTÓRIA FILHO, R. Eficiência do herbicida Equip. Plus no controle de plantas daninhas na cultura do milho. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, SBCPD; Embrapa Clima Temperado, p. 347. Londrina, 2002.

AGOSTINETO, M. C.; Efeito de características da calda e estágio da corda-de-viola na eficácia de carfentrazone-ethyl e saflufenacil, Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal), Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, 96 p.; Lages, 2015.

AMBRÓSIO, S.R., OKI, Y., HELENO, V.C., CHAVES, J.S., NASCIMENTO, P.G., LICHSTON, J.E., CONSTANTINO, M.G., VARANDA, E.M., DA COSTA, F.B., Constituents of glandular trichomes of *Tithonia diversifolia*: relationships to herbivory and antifeedant activity. **Phytochemistry**, Toronto, v. 69,, p. 2052–2060, 2008.

ANVISA; Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA), Brasília, outubro, 2013.

AUGUSTO, L. G. S.; CARNEIRO, F. F.; PIGNATI, W.; RIGOTTO, R. M.; FRIEDRICH, K.; FARIA, N. M. X.; BÚRIGO, A. C.; FREITAS, V. M. T.; GUIDUCCI FILHO; Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Parte 2 - Agrotóxicos, Saúde, Ambiente e Sustentabilidade. ABRASCO. Rio de Janeiro, 2015

AZANIA, C. A. M.; HIRATA, A. C. S.; AZANIA, A. A. de P. M.; Biologia e manejo químico de corda-de-viola em cana-de-açúcar, Boletim Técnico IAC, Instituto Agrônomo, Campinas, n. 209, 2003.

BACCARIN, T. et al. Análise morfoanatômica das partes aéreas de *Wedelia paludosa* DC. *Acmela brasiliensis*, *Sphagneticola trilobata*, **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v.19, n. 2b, p. 612-616, 2009.

BALESTRIN, L.; Estudo fitoquímico e avaliação das atividades alelopática, antibacteriana e antioxidante de *Dorstenia multiformis* Miquel, Moraceae. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas) – Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

BARBOSA, L.C.A.; COSTA, A.V.; PILÓ -VELOSO, D.; LOPES, J.L.C.; HERNANDEZ-TERRONES, M.G.; KING-DIAZ, B.; LOTINA-HENNSEN, B. Phyto-growth-inhibitory lactones derivatives of glaucolide B. **Zeitschrift für Naturforschung C**, Berlin v. 59, n. 11-12, p. 803-810, 2004.

BERTONCELLI, D. J.; ALVES, G. A. C.; FURLAN, F. F.; FREIRIA, G. H.; BAZZO, J. H. B.; FARIA, R. de T.; Efeito do Glifosato no cultivo in vitro de *Cattleya nobilior* Rchb. F, Rev. Ceres, v. 65, n.2, p. 165-173, Viçosa, mar/abr, 2018.

CARVALHO, L. B.; Plantas Daninhas, ed. 1, v. 1, 82 p., Lages, SC, 2013

CHENGRONG, N., et al.; Allelopathic potential of *Wedelia trilobata* L.: effects on germination, growth and physiological parameters of rice, The Regional institute, China, 2005.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; Bnefícios Potenciais de Plantas Daninhas: I. Nutricêuticos e Fitodescontaminantes Ambientais, Planta Daninha, SBCPD, v.19, n.1, p.151-153, Viçosa, MG, 2001.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; BORGES, A.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S. J. P.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; MONQUERO, P. A.; Carfentrazone-ethyl Aplicado em Pós-Emergência para o Controle de *Ipomea* spp. E *Commelina benghalensis* na Cultura da Cana-de-Açúcar, SBCPD, Planta Daninha, v. 24, n. 1, p. 83-90, Viçosa, MG, 2006.

COSER, J. A.; Potencial alelopático de extratos de plantas sobre espécies cultivadas e daninhas, Monografia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, SC, 2015.

DUARTE, D. J.; BIANCO, S.; MELO, M. N.; CARVALHO, L. B.; Crescimento e nutrição mineral de *Ipomoea* nil. SBCPD, Planta Daninha, v.26, p. 577-583, Viçosa, MG, 2008.

DUKE, O.S.; VAUGHN, K.C.; CROOM, E.M.; ELSOHLY, H.N. Artemisinin, a constituent of annual wormwood (*Artemisia annua*), is a selective phytotoxin. Weed Science, v. 35, n. 4, p. 499-505, 1987.

ELMORE, C. D.; HURST, H. R.; AUSTIN, D. F. Biology and control of morning-glories (*Ipomoea* spp.). *Weed Sci.*, v. 5, p. 83-114, 1990.

FILHO, V. R. dos. S.; Contextualização do uso de herbicidas em lavouras de café no município de Planalto – BA. Monografia (Especialização em Gestão da Cadeia Produtiva do Café com Ênfase em Sustentabilidade), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 39p. Vitória da Conquista, BA, 2013.

FONTES, J. R. A.; SHIRATSUCHI, L. S.; NEVES, J. L.; JULIO, L. de; FILHO, J. S.; Manejo Integrado de Plantas Daninhas, Embrapa Cerrados, 48 p., Planaltina, DF, 2003.

FRANCO, I. M.; COSTA, F. N.; NAKAJIMA, J. N. Richterago (Asteraceae, Gochnatieae) na porção central da Cadeia do Espinhaço em Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*, v. 65, n. 1, p. 159–173, 2014. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

FRANZONI, M. M; GIRALDELI, A. L; FILHO, R. V; CHRISTOFFOLETI, P. J; Impactos dos Herbicidas no Solo; V SIGA Ciência (Simpósio Científico de Gestão Ambiental), Piracicaba-SP, v1. agosto de 2016.

GEREMIA, B.; Agrotóxicos: O emprego indiscriminado de produtos químicos no ambiente de trabalho rural e a responsabilização por danos à saúde, Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Direito) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, RS, 2011

GHANTOUS, A.; GALI-MUHTSIB, H.; VUORELA, H; SALIBA, N.A; DARWICHE N. What made sesquiterpene lactones reach cancer clinical trials. *Drug discovery today*, v. 15, n. 15, p. 668-678, 2010.

GOMES, A. B.; Potencial alelopático de extratos de folhas de *Geonoma schottiana* (Arecaceae), Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais. 86 f., Vitória, 2016.

HERNÁNDEZ-ARO, M.; Potencial alelopático de *Phyla strigulosa* (M.Mart. & Gal.) Mold., *Sphagnetocola trilobata* (L.) Pruski e *Ipomoea batatas* (L.) Lam sobre arvenses y cultivos, Tesi (Doctor en Ciencias Agrícolas), Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Agronomía, Santa Clara, 2016.

Hernández-Aro, M., Hernández-Pérez, R., Guillén-Sánchez, D., Torres-García, S. Allelopathic influence of residues from *Sphagneticola trilobata* on weeds and crops | [A influência dos resíduos de *Sphagneticola trilobata* em plantas daninhas e culturas] 2016 *Planta Daninha* 34(1), pp. 81-90

HERRERA, F.; MARTIN, V.; RODRIGUEZ-BLANCO, J.; GARCÍA-SANTOS, G.; ANTOLÍN, I.; RODRIGUEZ, C. Intracellular redox state regulation by parthenolide. *Biochemical and biophysical research communications*, v. 332, n. 2, p. 321-325, 2005.

KANASHIRO, A.; KABEYA, L.M.; GRAEL, C.F.F.; JORDÃO, C.O.; AZZOLINI, A.E.C.S.; LOPES, J.L.C.; LUCISANO-VALIM, Y.M. Sesquiterpene lactones from *Lychnophora pohlii*: neutrophil chemiluminescence inhibition and free radical scavenger activity. *Journal of pharmacy and pharmacology*, v. 58, n. 6, p. 853-858, 2006.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D.; *Convolvulaceae* Juss. In.; *Plantas Infestantes e Nocivas*. BASF Brasileira, 2.ed.; p. 673-693. São Paulo, 1999.

KLINGMAN, G.C.; *Weed Control: As a Science*. John Wiley & Sons, 421p New York, 1961.

LACERDA, A. L. de S.; ALMEIDA, S.; FRANCO, D. A. S.; MATALLO, M. B.; BRANCALIAO, S. R.; Determinação do ácido chiquímico em diferentes partes de soja geneticamente modificada, XI Workshp, Agroenergia, Centro de convenções de cana-IAC, Ribeirão Preto, 2017

LÓPEZ-ANTÓN N., HERMANN C., MURILLO R., MERFORT I., WANNER G., VOLMAR A.M., DIRSCH V. Sesquiterpene lactones induce distinct forms of cell death that modulate human monocyte-derived macrophage responses. *Apoptosis*, v. 12, n. 1, p. 141, 2007.

LORENZI, H.; *Plantas Daninhas na Cultura da Cana-de- Açúcar: Plantas Daninhas na Lavoura do Nordeste Brasileiro*. In: Encontro Técnico Goal, Cana-de-Açúcar, 4., Recife: 1995.

LORENZI, H. *Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional*: Instituto Plantarum, 5.ed., 339p. Nova Odessa, 2000.

MABBERLEY D. J.; The Plant-Book. A portable dictionary of the higher plants. 4th ed. Cambridge University Press: New York, 1997.

MATSUMOTO, S.; KUMASAKI, S.; SOGA, K.; et al. Gravity-Induced Modifications to Development in Hypocotyls of Arabidopsis Tubulin Mutants.; 2010.

MELO, M. I. A.; Estudo dos Efeitos Tóxicos da Formulação Comercial do Herbicida Glifosato Sobre Células-Tronco Derivadas de Tecido Adiposo Humano; Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Bioquímica e Imunologia), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Janeiro, 2015.

MORAES, P.V.D.; ROSSI, P. Comportamento ambiental do glifosato. Scientia Agraria Paranaensis, Vol. 9, nº. 3 , pp. 22-35, 2010.

MOREIRA, M. S.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; Resistência de *Conyza canadensis* e *C. bonariensis* ao Herbicida Glyphosate, Planta Daninha, SPCPD, v. 25, n. 1, p. 157-164, Viçosa, MG, 2007.

NERY, L. F.; Suscetibilidade de espécies de plantas daninhas do gênero *Ipomoea* ao herbicida saflufenacil, Monografia, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, MACHADO, MG, 2017.

OLIVEIRA, R. do A.; Avaliação Populacional de Plantas Daninhas em Diferentes Sistemas de Produção, Dissertação (programa de Pós-graduação Profissionalizante em Gestão e Produção Agroindustrial), Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal, Campo Grande, MS, 2005.

OLIVEIRA, J. S.; Blocos no poder, aparelhos de Estado e o consumo de agrotóxicos no Brasil. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Economia) – Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Economia. 189 p., Salvador, 2016.

PELAEZ, V.; TERRA, F.H.B; SILVA, L.R.; A regulamentação dos agrotóxicos no Brasil: entre o poder de mercado e a defesa da saúde e do meio ambiente. Artigo. XIV Encontro Nacional de Economia Política / Sociedade Brasileira de Economia Política - 22 p.; São Paulo - SP, maio, 2009.

PERGO, É.M., ISHII-IWAMOTO, E.L.Changes in Energy Metabolism and Antioxidant Defense Systems During Seed Germination of the Weed Species *Ipomoea triloba* L.

and the Responses to Allelochemicals
37(5), pp. 500-513

2011 Journal of Chemical Ecology

PICMAN, A. K. Biological activities of sesquiterpene lactones. *Biochemical Systematics and Ecology*, v. 14, n. 3, p. 255-281, 1986.

PINHEIRO, R. T.; Superação da dormência de sementes e controle químico de cordas-de-violão (*Ipomoea* spp.) em soja resistente ao glifosato, Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 73 f., Santa Maria, RS, Brasil, 2010

PIRES, N. de M.; OLIVEIRA, V. R.; Alelopatia. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H.; *Biologia e manejo de plantas daninhas: Cap. IV*. Curitiba, PR: Ed. Omnipax, p. 95-124, 2011.

RAGGI, L.; Teor, composição química e atividade biológica de óleos voláteis de *Sphagneticola trilobata* (L.) Pruski e *Porophyllum ruderale* (Jacq.) Cass. (Asteraceae), Tese Doutorado, Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2013

RITTER, A. C.; REJANE, M. A família Asteraceae no Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *R. bras. Bioci.*, v. 7, n. 4, p. 395-439, UFRGS, Instituto de Biociências, 2009.

RUIZ-CRUZ, R. R.; Efecto alelopático de especies de la familia Asteraceae sobre nemátodos fitopatógenos en híbridos de pimiento bajo cultivo protegido, Tesi (Ingeniero Agrónomo) Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Santa Clara, 2016.

SCHMIDT, T. J. Toxic activities of sesquiterpene lactones: structural and biochemical aspects. *Curr. Org. Chem*, v. 3, n. 577-608, p. 4, 1999.

SCHORR, K.; MEFORT, I.; DA COSTA, F.B. A novel dimeric melampolide and further terpenoids from *Smallanthus sonchifolius* (Asteraceae) and the inhibition of the transcription factor NF-kappa B. *Natural product communications*, v. 2, n. 4, p. 367-374, 2007.

SILVEIRA, P. F. Efeito alelopático do extrato aquoso da jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild.) Poir.) sobre a germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.).

2010. 48f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal Rural do Semi-Árido Mossoró, RN, 2010

SOARES, D. F.; FARIA, A. M.; ROSA, A. H.; Análise de risco de contaminação de águas subterrâneas por resíduos de agrotóxicos no município de Campo Novo do Parecis (MT), Brasil, Artigo Técnico, Eng. Sanit. Ambient., 277-284, v.22, n.2, mar/abr, 2017.

WILSON, B.J. Shoot competition and root competition. *Journal of Applied Ecology*, v.25, n.2, p.279-296, Oxford, 1988.

WYRILL, J. B.; BURNSIDE, O. C. Absorption, translocation and metabolism of 2,4-D and glyphosate in common milkweed and hemp dogbane. *Weed Sci.*, v. 24, n. 6, p. 557-566, May., 1977

YAMADA, T.; CASTRO, P. R. de C.; Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas, Encarte do informações agronômicas nº 119, International Plant Nutrition Institute, setembro, 2007